

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ПАССАЖИРОПОТОКА Г.ЕКАТЕРИНБУРГА НА ПРИМЕРЕ ЕМУП «ТРАМВАЙНО-ТРОЛЛЕЙБУСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»

Трофимова О.Г., Легостаева Т.С.

ФГАОУ ВПО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, Екатеринбург, Россия (620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19), e-mail: o.g.trofimova@mail.ru, tatyana.numberone@mail.ru

Аннотация: Настоящая статья посвящена исследованию влияния различных факторов на пассажиропоток городского электротранспорта г. Екатеринбурга на примере ЕМУП «Трамвайно-троллейбусное управление». Разработано программное приложение для проведения однофакторного дисперсионного анализа пассажиропотока. Проведена аналитическая обработка статистических данных за пятилетний срок действия электронной оплаты проезда в г. Екатеринбурге.

Ключевые слова: однофакторного дисперсионного анализа, факторы влияния, пассажиропоток.

ANALYSIS OF VARIANCE OF PASSENGER TRAFFIC OF EKATERINBURG ON EXAMPLE OF THE YEKATERINBURG MUNICIPAL UNITARY ENTERPRISE "TRAM AND TROLLEYBUS MANAGEMENT"

Trofimova O.G., Legostaeva T.S.

Ural Federal University the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia, (Mira St. 19, Yekaterinburg, 620002, Russia), e-mail: dng@ettu.ru, gorbacheva.alena@mail.ru

Abstract: This article investigates the impact of various factors on passenger traffic urban electric transport in Ekaterinburg on the example of the Yekaterinburg municipal unitary enterprise "Tram and trolleybus management". Developed software application to perform a univariate analysis of variance of passenger traffic. Analytical processing of statistical data for the five-year validity of the electronic fare collection in Ekaterinburg.

Key words: univariate analysis of variance, factors influence passenger traffic.

Разработано программное приложение для проведения однофакторного дисперсионного анализа пассажиропотока городского электротранспорта. Дисперсионный анализ применяется для проверки нулевой гипотезы о наличии связи между откликом (ответом) системы и исследуемыми факторами, а также для установления силы влияния факторов и их взаимодействие [1–4]. Сравнивая дисперсию факторов с остаточной дисперсией, проверяется гипотезу о влиянии факторов на величину изменчивости отклика. Исходные данные представлены в таблицах Excel. В рамках данной работы был проведен однофакторный дисперсионный анализ пассажиропотока городского электротранспорта по трем факторам:

1. по фактору влияния сезонности на равномерность распределения пассажиропотока;
2. по фактору влияния рабочих дней и всех дней месяца на равномерность распределения пассажиропотока;
3. по фактору влияния простоев транспортных средств на равномерность распределения пассажиропотока [5].

После запуска программы на экране отображается главное окно. Основными составляющими интерфейса программы являются разделы: *Маршрут*, *Запрос* (рис. 1).

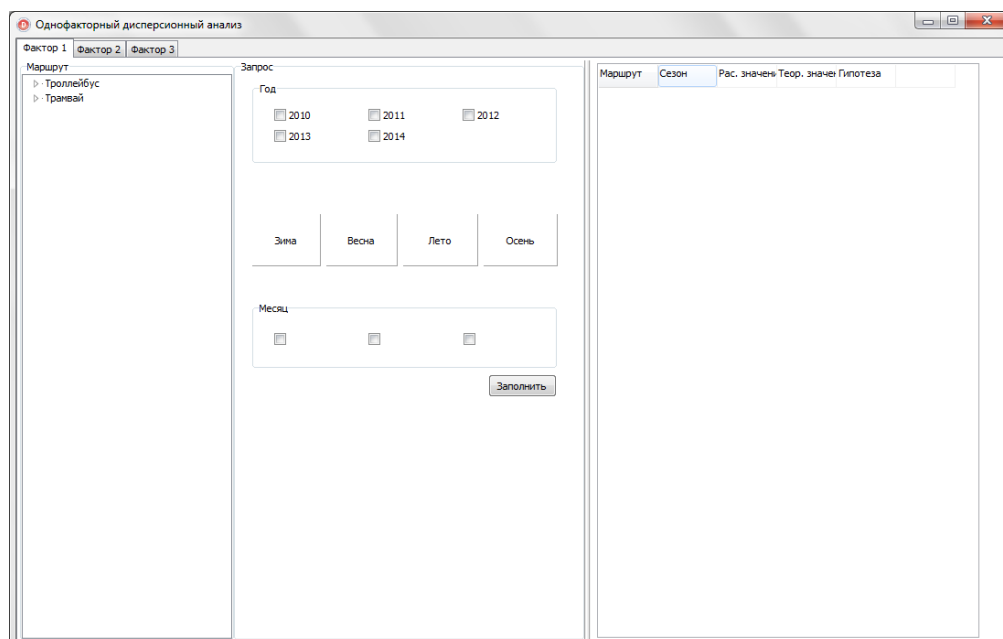


Рис. 1. Главное окно

Программа анализирует три различных фактора, которые соответствуют трем закладкам: *Фактор 1*, *Фактор 2* и *Фактор 3*. В закладке *Фактор 1* осуществляется проверка нулевой гипотезы о равномерности количества пассажиров и транзакций на маршрутах городского электротранспорта по сезонам. В закладке *Фактор 2* – проверка нулевой гипотезы о влиянии рабочих дней на количество пассажиров и транзакций по маршрутам городского электротранспорта. В закладке *Фактор 3* – проверка нулевой гипотезы о влиянии простоев транспортных средств на количество пассажиров и транзакций маршрута городского электротранспорта.

С помощью панели *Маршрут* осуществляется выбор маршрута городского электротранспорта. Панель представлена в виде «дерева», основные ветки которого *Троллейбус* и *Трамвай* (рис. 2).

В центральной части интерфейса для пользователя предоставляется выбор сформировать запрос для проверки нулевой гипотезы о равномерности количества пассажиров и транзакций на маршрутах по сезонам. После нажатия кнопки *Заполнить* происходит обращения к базам данных [5], затем проводится дисперсионный анализ по и выводится результат в таблицу справа: расчетное и теоретическое значение распределения Фишера (F -распределение), которое сравниваются друг с другом. Если $F_{расч} < F_{теор}$, то принимается нулевая гипотеза об однородности исходный данных и не влиянии фактора

на результат. Иначе принимается альтернативная гипотеза, при которой требуется учитывать влияние фактора на результат эксперимента (рис. 3).

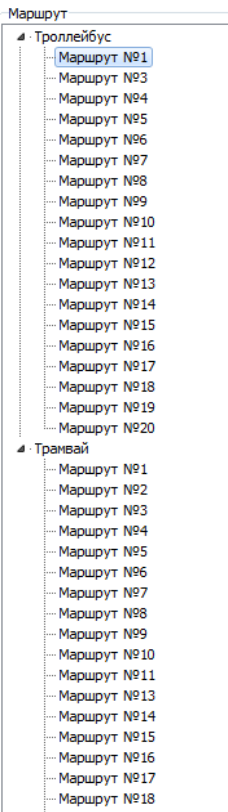


Рис. 2. Выбор маршрута

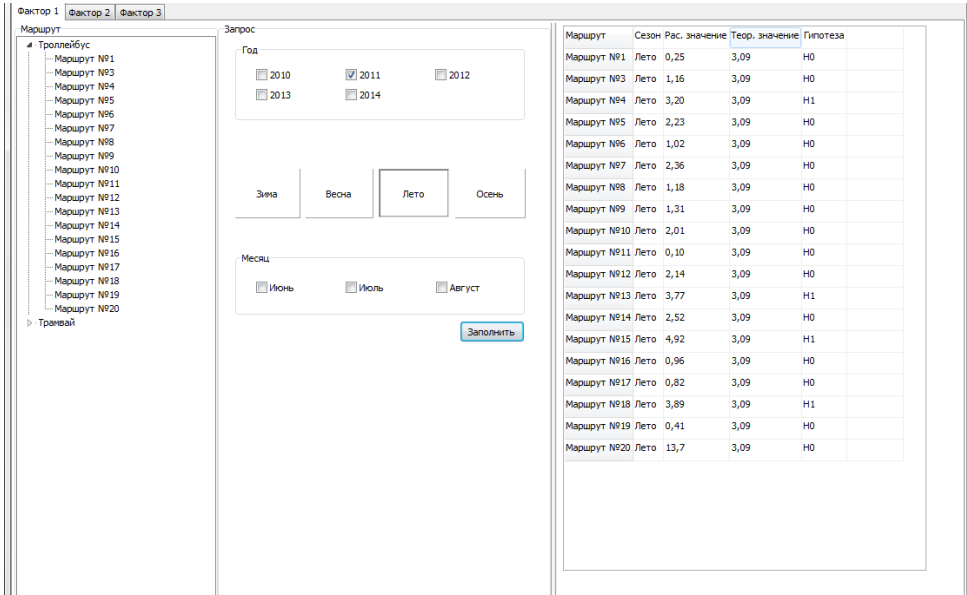


Рис. 3. Проверка влияния первого фактора

Для проверки второй нулевой гипотезы нужно перейти на закладку *Фактор 2*. Анализ проводится, используя второй вариант влияния фактора: учитываются только рабочие дни или все дни месяца. Формируется календарь выбранного месяца и рассчитывается дисперсионное отношение $F_{расч}$ для двух факторов влияющих на результат анализа: рабочие дни или все дни месяца. Далее проверяется неравенство $F_{расч} (раб.дни) < F_{теор}(раб. дни)$ и $F_{расч} (все.дни) < F_{теор} (все дни)$. При выполнении неравенств, принимаются нулевые гипотезы

о не влиянии выбранных факторов на результат. Результат также представлен в виде таблицы (рис. 4).

Фактор 1

Фактор 2

Фактор 3

Календарь

Февраль

2010

Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28						

Номер маршрута	Месяц	Рас. р.д	Теор. р.д	Гипотеза	Рас. в.д	Теор. в.д	Гипотеза
Маршрут №20	Январь	446,	3,00	H1	391,	2,50	H1
Маршрут №19	Январь	0,55	3,00	H0	2,07	2,50	H0
Маршрут №18	Январь	0,79	3,00	H0	1,88	2,50	H0
Маршрут №17	Январь	0,54	3,00	H0	2,76	2,50	H1
Маршрут №16	Январь	0,35	3,00	H0	3,15	2,50	H1
Маршрут №15	Январь	0,30	3,00	H0	1,67	2,50	H0
Маршрут №14	Январь	0,45	3,00	H0	2,33	2,50	H0
Маршрут №13	Январь	0,62	3,00	H0	3,29	2,50	H1
Маршрут №12	Январь	0,14	3,00	H0	2,02	2,50	H0
Маршрут №11	Январь	0,38	3,00	H0	2,00	2,50	H0
Маршрут №10	Январь	0,36	3,00	H0	3,03	2,50	H1
Маршрут №9	Январь	0,17	3,00	H0	2,72	2,50	H1
Маршрут №8	Январь	0,28	3,00	H0	2,57	2,50	H1
Маршрут №7	Январь	0,25	3,00	H0	2,23	2,50	H0
Маршрут №6	Январь	0,23	3,00	H0	2,49	2,50	H0
Маршрут №5	Январь	2,08	3,00	H0	1,14	2,50	H0
Маршрут №4	Январь	0,25	3,00	H0	3,16	2,50	H1
Маршрут №3	Январь	0,33	3,00	H0	2,08	2,50	H0
Маршрут №1	Январь	0,38	3,00	H0	2,05	2,50	H0
Маршрут №20	Февраль	143,	3,05	H0	21,7	2,57	H1
Маршрут №19	Февраль	-4,0	3,05	H0	-2,6	2,57	H0
Маршрут №18	Февраль	-2,1	3,05	H0	-1,4	2,57	H0
Маршрут №17	Февраль	-71,	3,05	H0	-42,	2,57	H0

Рис. 4. Проверка влияния второго фактора

Для проверки нулевой гипотезы о влиянии простоев на количество пассажиров маршрута нужно перейти на третью вкладку *Фактор* 3. Формируется таблица простоев выбранного месяца и рассчитывается дисперсионное соотношение $F_{расч}$. Если $F_{расч} < F_{теор}$, то принимается нулевая гипотеза об однородности исходный данных и не влиянии фактора на результат (рис. 5).

Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
До 0,2	От 0,2 до 1	Больше 1
		1075.000
		946.000
		945.000
		803.000
		901.000
		789.000
		927.000
		887.000
		830.000
		860.000
		1008.000
		930.000
		890.000
		938.000
		931.000
		710.000
		878.000
		918.000
		926.000
		839.000
		986.000
		933.000
		982.000

Маршрут	Месяц	Рас.	Ф. теор.	Гипотеза
Маршрут №1	Июль	5,64	3,34	H0
Маршрут №3	Июль	10,7	3,34	H1
Маршрут №4	Июль	8,19	3,369	H0
Маршрут №5	Июль	0,03	3,354	H1
Маршрут №6	Июль	16,7	3,34	H1
Маршрут №7	Июль	10,4	3,369	H1
Маршрут №8	Июль	6,95	3,385	H0
Маршрут №9	Июль	3,23	3,403	H1
Маршрут №10	Июль	0,40	3,354	H1
Маршрут №11	Июль	20,4	3,34	H1
Маршрут №12	Июль	1,65	3,34	H1
Маршрут №13	Июль	0,79	3,522	H1
Маршрут №14	Июль	23,4	3,354	H1
Маршрут №15	Июль	2,70	3,403	H1
Маршрут №16	Июль	2,85	3,369	H1
Маршрут №17	Июль	0	3,34	H1
Маршрут №18	Июль	0,47	3,385	H1
Маршрут №19	Июль	2,47	3,354	H1
Маршрут №20	Июль	0,06	3,493	H1

Рис. 5. Проверка влияния третьего фактора

Работа с программой ведется по следующему алгоритму: вначале выбирается требуемый маршрут городского электротранспорта (выбор нескольких маршрутов выполняется при помощи нажатия клавиши Shift) трамвая или троллейбуса, а затем в панели запросов указывается нужные временные параметры (год, сезон, месяц), по которым и выполняются все дальнейшие расчеты. Для наглядности можно провести однофакторный дисперсионный анализ одного выбранного маршрута в разные сезоны или анализ более

двух маршрутов, но только в один временной период. При клике на интересующем месяце автоматически формируется календарь на вкладке *Фактор 2* и также проводится однофакторный дисперсионный анализ с учетом рабочих или всех дней в этом месяце. После нажатия кнопки *Заполнить*, на вкладке *Фактор 1*, на экран выводится таблица результатов с расчетным значением F -распределения. Одновременно с таблицей результатов в основной части формируется таблица во второй и в третьей вкладке. Анализ проходит по всем трем факторам одновременно для выбранного маршрута года, сезона, месяца.

Дисперсионный анализ пассажиропотока городского электротранспорта г. Екатеринбурга проведен за 5 лет (с 2010 по 2014 г.). По фактору влияния сезонности на равномерность распределения анализ проведен укрупненно (по сезонам). В основном количество пассажиров равномерно. Выдвинутая нулевая гипотеза о том, что фактор не влияет на оцениваемую характеристику, подтвердилась на городском электротранспорте, проходящий по большим автомагистралям города, где одновременно проходит и другой транспорт (метро, городские автобусы, маршрутные такси), а также проходящий на окраине города, и являющийся в этом районе единственным общественным транспортом. Зимой: троллейбус №18, трамваи №3, 6, 18, 21, 26, 31, 31. Весной: троллейбусы №11, 9, 4, трамваи №5, 8, 9, 11, 15, 16, 20, 21, 22, 25, 27, 31, 32. Летом: троллейбусы №1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 17, трамваи №1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 30, 32. Осенью: троллейбусы №6, 16, трамваи №7, 15, 18, 21, 31, 31. Эти маршруты в свой временной период времени ежегодно показывают равномерное распределение пассажиропотока. Маршруты, на которые ежегодно влияет фактор сезонности немного (около 1-3 маршрутов в сезон). Зимой: трамвай №11 Весной: трамвай №11. Осенью: троллейбус №20, трамвай №2. Летом: троллейбус №5, трамвай № 10, 24, 31.

Аналитический анализ по фактору влияния рабочих дней и всех дней месяца на равномерность распределения пассажиропотока проведен подробно (по рабочим и не рабочим дням месяца). Для маршрутов, не работающих по выходным дням, подтвердилась гипотеза о равномерности распределения пассажиров на маршруте (троллейбус № 20, трамваи № 2, 33). Неравномерность количества пассажиров связана с резким уменьшением дохода в месяцы, в которых много выходных дней: январь, май, июль, ноябрь. В 2010 года на всех маршрутах наблюдается влияние внешнего фактора на равномерность распределение: в апреле введение социальных электронных карт, особенно для маршрутов, проходящих через центр города (троллейбусы № 4, 13, 17, 3, трамваи № 26, 18), в октябре повышение оплаты проезда. Определилась общая тенденция – зависимость равномерного распределения от отпускных месяцев (июль, август, сентябрь и октябрь). Кроме того, существуют маршруты, на которых рабочие дни и отпускные месяцы слабо влияют на распределение пассажиропотока (трамваи № 10, 13). Это связано с наложением трудовых и культурно-бытовых потребностей населения на этих маршрутах.

Результаты анализа по фактору влияния простоев на равномерность распределения пассажиропотока показали, что фактор простоев электротранспорта влияет на регулярность и востребованность маршрута. Гипотеза о влиянии простоев на количество пассажиров маршрута подтвердилась – осенью задержки равномерны, а зимой, весной и летом равномерны только на маршрутах, проходящих вне центра города (троллейбусы №

10, 13, трамваи № 17, 24). Кроме того, простой городского электротранспорта влияют на количество пассажиров для маршрутов, проходящих в центре города, а также, проходящих по большим автомагистралям города, где параллельно проходит и другой транспорт (троллейбусы № 1, 3 11, 12, 18, 19, трамваи № 5, 32).

Список литературы

1. Владимировский, Б. М. Математика. Общий курс : учебник для вузов / Б. М. Владимировский, А. Б. Горстко, Я. М. Ерусалимский. СПб.: Лань, 2002. 960 с.
2. Компьютерный анализ и интерпретация эмпирических зависимостей : учебник / С. В. Поршнев [и др.]. М.: Бином-Пресс, 2009. 336 с.
3. Моделирование сложных вероятностных систем : учеб. пособие / В. Г. Лисиенко [и др.]. Екатеринбург: УРФУ, 2011. 200 с.
4. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учеб. пособие / Н. И. Сидняев. М.: Юрайт, 2011. 399 с.
5. Дружинина Н. Г., Трофимова О. Г. Информационно-коммуникационная транспортная система // Программные продукты и системы. 2013. № 2. С. 231–238.

References

1. Vladimirovskiy, B. M., Gorstko, A. B. & Erusalimskiy, Ya. M., Math. General course: textbook for universities, Lan: Sankt Petersburg, p. 960, 2002. (in Russian).
2. Porshnev, S. V., (eds), Computer analysis and interpretation of empirical dependencies: textbook, Binom-Press: Moscow, p. 336, 2009. (in Russian).
3. Lisienko, V. G., (eds), Probabilistic modeling of complex systems : manual, URFU: Ekaterinburg, p. 200, 2011. (in Russian).
4. Sidnyaev, N. I., Theory of experiment planning and statistical data analysis : manual, Yurayt: Moscow, p. 399, 2011. (in Russian).
5. Druzhinina, N. G. & Trofimova, O.G., Information and communication the transport system // *Software & Systems*, **2**, pp. 231–238, 2013. (in Russian).